

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra energetiky

**Stanovení tepelných bilancí budovy s využitím
výpočetního softwaru**

Determination of the Heat Balance of the Building by
Using the Computation Software

Student:

Tomáš Nitsche

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Stanislav Honus, Ph.D.

Ostrava 2013

Zadání bakalářské práce

Student: **Tomáš Nitsche**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 3907R009 Provoz energetických zařízení
Téma: Stanovení tepelných bilancí budovy s využitím výpočetního softwaru
Determination of the Heat Balance of the Building by Using the
Computation Software

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte rešerši o možnostech využití výpočetního softwaru Stavební fyzika.
2. Proveďte popis zadaného objektu a vypočítejte jeho tepelné ztráty.
3. Srovnajte tepelné ztráty jednotlivými konstrukcemi.
4. Stanovte energetickou bilanci budovy a navrhnete možnosti snížení ztrát.

Seznam doporučené odborné literatury:


BLAHOŽ, V., KADLEC, Z. *Základy sdílení tepla*. 2. vydání. Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství v Ostravě, 2000. 110 s. ISBN 80-902001-1-7.
LABOUTKA, K., SUCHÁNEK, T. *Výpočtové tabulky pro vytápění* 9. Společnost pro techniku prostředí, 2001.
SAZIMA, M., KMONÍČEK, V., SCHNELLER, J. *Teplo*. 1. vydání. SNTL –Nakladatelství technické literatury, 1989. 592 s. ISBN 80-03-00043-2.
VRÁNA, J. a kol. *Technická zařízení budov v praxi*. Grada, 2007. 332 s. ISBN 978-80-247-1588-9.
LINHART, L. *Zateplování budov*. 1. vydání. Grada, 2010. 112 s. ISBN 978-80-247-3361-6.
TYWONIAK, J. *Nízkoenergetické domy*. Grada, 2005. 200 s. ISBN 80-247-1101-X.
ČSN 730540-2 (730540). *Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky*. 2012.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Stanislav Honus, Ph.D.**

Datum zadání: 14.12.2012

Datum odevzdání: 20.05.2013


prof. Ing. Dagmar Juchelková, Ph.D.
vedoucí katedry




doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 20.5.2013

........ podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 - školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (dále jen v "VSB-TUO") má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VSB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VSB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo - bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VSB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že oděvzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 20. 5. 2013


.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Tomáš Nitsche

Zelená 28

Ostrava 1

Tato práce byla vypracována s podporou projektu Příležitost pro mladé výzkumníky, reg. č. CZ.1.07/2.3.00/30.0016, podpořeného Operačním programem Vzdělávání pro konkurenceschopnost a spolufinancovaného Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

Děkuji především panu Ing. Stanislavu Honusovi, Ph.D za poskytnuté konzultace při přípravě mé bakalářské práce.

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

NITSCHÉ, T. *Stanovení tepelných bilancí budovy s využitím výpočetního softwaru* – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra Energetiky, 2013, 40 s. Vedoucí práce: Ing. Stanislav Honus, Ph.D.

Bakalářské práce se zabývá tepelnou bilancí budovy s využitím výpočetního softwaru Stavební fyzika. V teoretické části jsou popsány možnosti tohoto softwaru a dále rozvedena teorie, ze které se vychází při výpočtech. V praktické části je provedena energetická bilance zvoleného objektu. Podle výsledků je navrženo řešení, v podobě tepelné izolace, které má za úkol snížit tepelné ztráty tohoto objektu. Navržené řešení je opět spočteno a z ušetřených financí na vytápění a cenou zateplení je vypočtena návratnost.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

NITSCHÉ, T. *Determination of the Heat Balance of the Building by Using the Computation Software* – Technical University of Ostrava, Faculty of Engineering, Department of Energetics, 2013, 40 s. Thesis supervisor: Ing. Stanislav Honus, Ph.D.

The thesis deals with the heat balance of a building with the use of the Construction physics software. The possibilities of the software and further specification of the notions used in the calculations are described in the theoretical part. Energetic balance of the chosen building is carried out in the practical part. The solution is designed according to the results in the form of heat isolation, which should lower the thermal losses of the building. The projected solution is calculated once again and the return is determined through the saved money and the costs of the insulation.

OBSAH

1. ÚVOD	10
2. POPIS PROGRAMU STAVEBNÍ FYZIKA	11
2.1 Ztráty	12
3. PROSTUP TEPLA	18
3.1 Druhy sdílení tepla	18
3.1.1 Vedení tepla	18
3.1.2 Přenos tepla prouděním	19
3.1.3 Přenos tepla sáláním	20
3.2 Součinitel prostupu tepla	20
3.3 Součinitel přestupu tepla	21
3.4 Součinitel tepelné vodivosti	21
4. TEPELNÉ MOSTY	22
4.1 Dělení tepelných mostů	22
4.2 Ukázky tepelných mostů	23
5. ENERGETICKÁ BILANCE	24
5.1 Rozdělení budov podle energetické spotřeby	24
5.2 Základní pojmy energetické bilance	24
5.3 Tepelné ztráty	25
5.3.1 Tepelné ztráty prostupem tepla	25
5.3.2 Tepelné ztráty větráním	26
5.4 Tepelné zisky	26
6. ŘEŠENÝ OBJEKT	26
6.1 Popis oblasti	26
6.2 Popis objektu	26
6.3 Určení vstupních parametrů pro výpočty:	26
6.3.1 Stanovení hodnot venkovního a vnitřního prostředí	27
7. ENERGETICKÁ BILANCE – VÝSLEDNÉ HODNOTY	30
7.1 Náklady na vytápění	32
8. NÁVRH MOŽNOSTÍ SNÍŽENÍ TEPELNÝCH ZTRÁT	34
8.1 Teoretické možnosti úspory	34
8.2 Řešení se zateplením obvodových zdí a střechy	35
8.2.1 Výpočet tepelných ztrát po zateplení	36

8.2.2	Náklady na vytápění po zateplení	37
9.	ZÁVĚR	39
10.	LITERATURA	40
11.	PŘÍLOHY	40

Seznam značek

A	plocha konstrukce	[m ²]
b_u	teplotní redukční činitele	[-]
f_{gl}	korekční činitel na vliv kolísání venkovní teploty	[-]
f_{g2}	teplotní redukční činitel	[-]
f_{ij}	teplotní redukční činitel	[-]
G_w	korekční činitel na vliv spodní vody	[-]
grad t	teplotní spád	[K. m ⁻¹]
$H_{T,ie}$	součinitel tepelné ztráty prostupem konstrukcemi v kontaktu s vnějším vzduchem	[W/K]
$H_{T,ig}$	součinitel tepelné ztráty prostupem konstrukcemi v kontaktu se zeminou	[W/K]
$H_{T,iu}$	součinitel tepelné ztráty prostupem konstrukcemi v kontaktu s nevytápěnými prostory	[W/K]
$H_{T,ij}$	součinitel tepelné ztráty) prostupem konstrukcemi v kontaktu s odlišně vytápěnými prostory	[W/K]
H_V	je součinitel tepelné ztráty větráním	[W/K]
l	délka tepelného mostu	[m]
n_{min}	minimální intenzita výměny vzduchu v místnosti	[1/h]
n_{50}	intenzita výměny vzduchu	[1/h]
U	součinitele prostupu tepla konstrukce	[W/m ² K]
V	je objem vzduchu v místnosti	[m ³]
V_{inf}	je větrací tok způsobený infiltrací	[m3/h]
V_{mech}	je tok vzduchu	[m3/h]
V_{min}	je větrací tok požadovaný z hygienických důvodů	[m3/h]
V_n	je základní obestavěný prostor spodní a vrchní části budovy	[m3]
V_{su}	je tok přiváděného vzduchu	[m3/h]
t_j	je teplota v sousedním odlišně vytápěném prostoru	[°C]
$t_{m,e}$	průměrná roční teplota vnějšího vzduchu	[°C]
t_u	teplota v nevytápěném prostoru	[°C]
t_{im}	průměrná vnitřní výpočtová teplota	[°C]
t_{su}	je teplota přiváděného větracího vzduchu	[°C]
$\Phi_{HL,b}$	celková tepelná ztráta budovy	[W]
Φ_{HL}	celková tepelná ztráta určitého typu místnosti	[W]
Φ_{RH}	přídavný výkon potřebný na zvýšení výkonu otopné soustavy	[W]
f_{RH}	korekční činitel zohledňující délku otopné přestávky, rychlost zátopy a tepelnou setrvačnost konstrukcí.	[-]
Φ_{HL}	celková tepelná ztráta určitého typu místnosti	[W]
e_i	stínící činitel	[-]
f_v	teplotní redukční činitel	[-]
ΔU_{tb}	je přírážka na vliv tepelných mostů	[W/m ² K]
Φ_V	tepelná ztráta větráním	[W]
Φ_z	je trvalý tepelný zisk	[W]

ψ	je lineární činitel prostupu tepla tepelného mostu	[W/mK]
R_{si}, R_{se}	tepelný odpor při přestupu tepla	[m ² K·W ⁻¹]
R_n	tepelný odpor konstrukce	[m ² K·W ⁻¹]
h_{si}, h_{se}	je součinitel přestupu tepla vnitřní respektive vnější	[W.m ² .K ⁻¹]
U	je součinitel prostupu tepla	[W/m ² . K]
q	hustota tepelného toku	[W. m ⁻²]
λ	součinitel tepelné vodivosti	[W.m ⁻¹ .K ⁻¹]

1. ÚVOD

V dnešní době, kdy požadavky na energetickou úspornost staveb neustále rostou a s ní rostou i ceny energií, je důležité zamyslet se nad tím, jaké energetické vlastnosti má váš dům. Musíte zhodnotit jeho slabá místa čímž je myšleno místa taková, kudy utíká nejvíce financí a těmto únikům vhodně zamezit. Tyto úpravy nejsou ale zadarmo, proto je třeba určit, zda je taková úprava vhodná a má smysl. Musíme si položit otázku, zdali se to vyplatí a za jak dlouho se nám investice, do které vložíme značné prostředky, vrátí. Kdyby byla návratnost příliš dlouhá, mohla by nastat situace, při které by prováděná úprava musela být provedena znovu ještě před tím než by se investice vrátila.

Při výpočtech už asi nemá v dnešní době smysl používat něco jiného než výpočetní techniku. Proto je v této bakalářské práci počítáno se softwarem Stavební fyzika, pomocí kterého bude počítána energetická bilance objektu, který byl zvolen. Ze staré technické dokumentace, která byla převedena do elektronické formy, byly určeny rozměry jednotlivých místností a složení konstrukcí. S těmito hodnotami se počítá v programu Stavební fyzika.

Cílem mé bakalářské práce je spočítat energetickou bilanci objektu, snížit ztráty a určit zdali má snížení ztrát ekonomickou návratnost.

2. POPIS PROGRAMU STAVEBNÍ FYZIKA

Stavební fyzika je software, který vytvořila firma Svoboda Software, se skládá z několika samostatných programů, mezi něž patří: Area, Cube3D, Energie, Mezera, Simulace, Stabilita, Teplo a Ztráty.

Program Area slouží k výpočtu dvourozměrného stacionárního pole teplot a částečných tlaků vodní páry. Roční bilance vodní páry jsou přibližné v dvourozměrných stavebních detailech. Program rovněž umožňuje výpočet tepelných toků tepelnými mosty.

Pomocí programu Cube3D lze počítat trojrozměrné stacionární pole teplot a tlaků vodní páry. Výpočty jsou prováděny podle předepsané normy za pomoci metody konečných prvků. Dále lze počítat kondenzaci vodní páry a roční bilance vodní páry.

Energie je program, který je určený k výpočtu průměrného součinitele prostupu tepla budovy podle patřičných norem a směrnic. Program dále slouží ke stanovení potřeby energií budov, které lze stanovit různými způsoby. Důkladnějším výpočtem, u kterého budeme počítat po jednotlivých měsících. Nebo výpočtem jednodušším přes otopné období.

Popis jednotlivých místností v objektu

Úpravy Formulář Pomůcky Rychlé posuny Konec práce s daty

Základní parametry místnosti:

Číslo podlaží: 1 Označení podlaží: Přízemí
Číslo místnosti: 2 Označení místnosti: Jídelna Počet těchto místností na podlaží: 1

Návrhová (výpočtová) vnitřní teplota: 20,0 C ☒ Místnost je vytápěná
Půdorysná plocha: 42,3 m² Obvod podlahy: 13,5 m Objem vzduchu: 84,6 m³
☒ Vytápění je přerušované Pokles teploty: 2,0 C Celková doba zátopu: 2,0 h
Akumulace: střední Typ vytápění: Převažující přirozená konvekce teplého vzduchu
Tepelný zisk: 100,0 W Rychlost proudění: 0,1 m/s Střední radiační teplota: 20,0 C

Ztráta prostupem do nevytápěných prostor Ztráta či zisk prostupem do odlišně vytápěných prostor
Ztráta větráním Ztráta prostupem do exteriéru Ztráta prostupem do země

Plošné konstrukce | Tepelné vazby

	Označení	Plocha [m ²]	U [W/m ² K]	U _{req}	Okno	Korekce e	DeltaU [W/m ² K]
<input checked="" type="checkbox"/>	1 Obvodová zeď	22,5	0,24	0,30	<input type="checkbox"/> ano	1,00	0,00
<input checked="" type="checkbox"/>	2 Okno dvoukridle	-2,26	1,20	1,70	<input checked="" type="checkbox"/> ano	1,15	0,00
<input checked="" type="checkbox"/>	3 Obvodová zeď	11,25	0,24	0,30	<input type="checkbox"/> ano	1,00	0,00
<input checked="" type="checkbox"/>	4 Okno dvoukridle	-2,26	1,20	3,50	<input checked="" type="checkbox"/> ano	1,15	0,00
<input checked="" type="checkbox"/>	5 Střeška - vata	42,3	0,41	0,24	<input type="checkbox"/> ano	1,00	0,00
<input checked="" type="checkbox"/>	6 Dveře dvojsklo	-1,6	1,20	1,70	<input checked="" type="checkbox"/> ano	1,15	0,00
<input type="checkbox"/>	7	0,0	0,32	0,00	<input type="checkbox"/> ano	1,00	0,00
<input type="checkbox"/>	8	0,0	0,00	0,00	<input type="checkbox"/> ano	1,00	0,00
<input type="checkbox"/>	9	0,0	0,00	0,00	<input type="checkbox"/> ano	1,00	0,00
<input type="checkbox"/>	10	0,0	0,00	0,00	<input type="checkbox"/> ano	1,00	0,00

Formuláře:

- 1 01.p./ 2
- 2 01.p./ 1
- 3 01.p./ 3
- 4 01.p./ 4
- 5 01.p./ 5
- 6 01.p./ 6
- 7 01.p./ 7
- 8 01.p./ 9
- 9 01.p./ 10
- 10 01.p./ 11
- 11 01.p./ 12
- 12 01.p./ 13
- 13 01.p./ 14
- 14 01.p./ 15
- 15 01.p./ 17

Formulář č. 1

Blok 1- 1

Akt. pomůcky:

K. dispozici je katalog konstrukcí.

Obr. č. 2.1 Zadávání hodnot do programu Ztráty

Program Mezera je určen k hodnocení dvouplášťových konstrukcí s otevřenou (větranou) vzduchovou vrstvou podle ČSN 730540. Je možné řešit otevřené vzduchové vrstvy

složené z maximálně dvaceti úseků (svislých i vodorovných, konstantního i proměnného průřezu) a ohraničené maximálně dvaceti typy konstrukcí. Programem lze stanovit rychlost proudění vzduchu v otevřené vzduchové vrstvě, průběh teploty, průběh částečných tlaků vodních par a průběh relativní vlhkosti po délce vzduchové vrstvy a případnou oblast kondenzace v otevřené vzduchové vrstvě.

Program Simulace umožňuje hodnocení dynamické odezvy místnosti na tepelnou zátěž v letním období podle normy a tedy i hodnocení místnosti z hlediska požadavku na tepelnou stabilitu v letním období. Programem lze stanovit časový průběh teploty vnitřního vzduchu, střední radiační teploty a operativní teploty v interiéru během zvoleného letního dne. Ve výpočtu lze zohlednit časové proměnné větrání interiéru, vnitřní zisky, stínění obalových konstrukcí, tepelnou setrvačnost konstrukcí a chlazení vnitřního vzduchu.

Katalog konstrukcí : Strop

Parametry a skladba jsou v souladu.

Návrhové hodnoty | Skladba konstrukce | Výpočet parametrů | Poznámka

Název ke: Strop - zateplený 12

Vrstva	Název vrstvy	D [m]	Lambda	C	Ro	Mi	
<input checked="" type="checkbox"/> 1	Dřevo měkké	0,02	0,18	2510	400	157	?
<input checked="" type="checkbox"/> 2	Dřevovláknité de	0,015	0,046	1380	230	5	?
<input checked="" type="checkbox"/> 3	Škvára	0,02	0,27	750	750	3	?
<input checked="" type="checkbox"/> 4	Betonová mazani	0,04	1,23	1020	2100	17	?
<input checked="" type="checkbox"/> 5	Isover Unitop plst	0,12	0,039	840	100	1,2	?
<input type="checkbox"/> 6							?
<input type="checkbox"/> 7							?
<input type="checkbox"/> 8							?
<input type="checkbox"/> 9							?
<input type="checkbox"/> 10							?

157 položek

Použít konstrukci | Návrat bez výběru | Přidat konstrukci | Kopírovat konstrukci | Vymazat konstrukci

Obr. č. 2.2 Výpočet prostupu tepla jednotlivých konstrukcí

Program NEPrůzvučnost umožňuje teoretický výpočet vzduchové a kročejové neprůzvučnosti stavebních konstrukcí. Program provádí výpočet vážené neprůzvučnosti a výpočet vážené normalizované hladiny kročejového zvuku pro jednoduché konstrukce (jednovrstvé, sendvičové a vrstvené), pro dvojité konstrukce, pro konstrukce složené (kombinované) a pro stropy s plovoucí či povlakovou podlahou. Hodnocená konstrukce může mít maximálně 5 vrstev skladby.[11]

2.1 Ztráty

Při výpočtech v této bakalářské práci bude využit program Ztráty. Pomocí tohoto programu lze provádět výpočty (obr. č. 2.1) tepelných ztrát jednotlivých místností, jednotlivých

podlaží a celé budovy včetně vlivu přerušovaného vytápění. Program také umožňuje výpočet průměrného součinitele prostupu tepla budovy a jeho vyhodnocení z hlediska požadavků ČSN 730540-2.

Program nabízí katalogy stavebních materiálů, konstrukcí a okrajových podmínek pro snazší zadávání vstupních dat. Konstrukce lze tvořit vlastní a následně je používat (obr. č. 2.2). Pomocné výpočty pro řadu zadávaných parametrů (např. pro činitele teplotní redukce, plochy konstrukcí, součinitele prostupu tepla). [3]

Výsledné hodnoty, které program počítá, jsou počítány podle následujících rovnic. Veškeré pojmy, které jsou obsaženy v těchto rovnicích, jsou dále rozvedeny v kapitole 4.[11]

Celková tepelná ztráta místnosti je v programu vyjádřena vztahem:

$$\Phi_{HL} = \Phi_T + \Phi_V + \Phi_{RH} - \Phi_Z \quad [W] \quad (2. 1)$$

kde Φ je tepelná ztráta prostupem [W]
 Φ_V je tepelná ztráta větráním [W]
 Φ_{RH} je přídatný výkon potřebný na zvýšení výkonu otopné soustavy [W] (s touto hodnotou počítáme pouze v případě, kdy je vytápění přerušované).
 Φ_Z je trvalý tepelný zisk [W]

Tepelná ztráta prostupem se určí ze vztahu:

$$\Phi_T = (H_{T,ie} + H_{T,ig} + H_{T,iu} + H_{T,ij}) \cdot (t_i - t_e) \quad [W] \quad (2. 2)$$

kde $H_{T,ie}$ je součinitel tepelné ztráty prostupem konstrukcemi v kontaktu s vnějším vzduchem [W/K]
 $H_{T,ig}$ je součinitel tepelné ztráty (měrná tepelná ztráta) prostupem konstrukcemi v kontaktu se zeminou [W/K]
 $H_{T,iu}$ je součinitel tepelné ztráty (měrná tepelná ztráta) prostupem konstrukcemi v kontaktu s nevytápěnými prostory [W/K]
 $H_{T,ij}$ je součinitel tepelné ztráty (měrná tepelná ztráta či zisk) prostupem konstrukcemi v kontaktu s odlišně vytápěnými prostory [W/K]
 t_i je návrhová (výpočtová) vnitřní teplota [°C]
 t_e je návrhová (výpočtová) venkovní teplota [°C].

Součinitel tepelné ztráty prostupem konstrukcemi ve styku s vnějším vzduchem se stanoví jako:

$$H_{T,ie} = \sum A \cdot U \cdot e + \sum l \cdot \psi \cdot e \quad [W/K] \quad (2. 3)$$

Kde A je plocha konstrukce [m²],

- U je součinitel prostupu tepla konstrukce [W/(m²K)],
 e je korekční činitel (v souladu s ČSN 730540-2 se používá e=1,0 pro neprůsvitné konstrukce a e=1,15 pro výplně otvorů),
 l je délka tepelného mostu [m],
 ψ je lineární činitel prostupu tepla tepelného mostu [W/(mK)].

Variantně lze vliv tepelných mostů a vazeb v obvodových konstrukcích zahrnout do výpočtu také s pomocí přírážky k součiniteli prostupu tepla jednotlivých konstrukcí podle vztahu:

$$H_{t,ie} = \sum A \cdot (U + \Delta U_{tb}) \cdot e \quad [W/K] \quad (2.4)$$

kde ΔU_{tb} je přírážka na vliv tepelných mostů [W/(m² K)].

Součinitel tepelné ztráty prostupem konstrukcemi ve styku se zeminou se v programu stanovuje podle vztahu:

$$H_{t,ig} = f_{g1} \cdot f_{g2} \cdot \sum A \cdot U_{eq} \cdot G_w \quad [W] \quad (2.5)$$

- kde f_{g1} je korekční činitel na vliv kolísání venkovní teploty [-],
 A je plocha konstrukce [m²],
 U_{eq} je ekvivalentní součinitel prostupu tepla konstrukce zahrnující vliv přilehlé zeminy [W/(m²K)],
 G_w je korekční činitel na vliv spodní vody [-],
 f_{g2} je teplotní redukční činitel definovaný jako:

$$f_{g2} = \frac{t_i - t_{m,e}}{t_i - t_e} \quad [W] \quad (2.6)$$

- kde t_i je návrhová (výpočtová) vnitřní teplota [°C],
 t_e je návrhová (výpočtová) venkovní teplota [°C]
 $t_{m,e}$ je průměrná roční teplota vnějšího vzduchu [°C].

Součinitel tepelné ztráty prostupem konstrukcemi ve styku s nevytápěnými prostory se stanoví jako:

$$H_{T,iu} = \sum A \cdot U \cdot b_u + \sum l \cdot \psi \cdot b_u \quad [W] \quad (2.7)$$

- Kde A je plocha konstrukce [m²],
 U je součinitel prostupu tepla konstrukce [W/(m²K)],
 l je délka tepelného mostu [m], ψ je lineární činitel prostupu tepla tepelného mostu [W/(m. K)]

bu je teplotní redukční činitel, který je buď známý pro daný typ prostoru, nebo se vypočte přibližně ze vztahu:

$$b_u = \frac{t_i - t_u}{t_i - t_e} \quad [W] \quad (2.8)$$

kde t_i je návrhová (výpočtová) vnitřní teplota [°C],
 t_e je návrhová (výpočtová) venkovní teplota [°C]
 t_u je teplota v nevytápěném prostoru [°C].

Přesněji lze stanovit b_u s pomocí tepelné bilance (zisky vers. ztráty) pro nevytápěný prostor.

Součinitel tepelné ztráty prostupem konstrukcemi ve styku s odlišně vytápěnými prostory se stanoví jako:

$$H_{t,ij} = \sum A \cdot U \cdot f_{ij} \quad [W] \quad (2.9)$$

kde A je plocha konstrukce [m²]
 U je součinitel prostupu tepla konstrukce [W/(m²K)]
 f_{ij} je teplotní redukční činitel, který lze stanovit ze vztahu:

$$f_{ij} = \frac{t_i - t_j}{t_i - t_e} \quad [W] \quad (2.10)$$

kde t_i je návrhová (výpočtová) vnitřní teplota [°C]
 t_e je návrhová (výpočtová) venkovní teplota [°C]
 t_j je teplota v sousedním odlišně vytápěném prostoru [°C].

Tepelná ztráta větráním se určí ze vztahu:

$$\phi_v = H_v \cdot (t_i - t_e) \quad [W] \quad (2.11)$$

kde H_v je součinitel tepelné ztráty větráním [W/K],
 t_i je návrhová (výpočtová) vnitřní teplota [°C]
 t_e je návrhová (výpočtová) venkovní teplota [°C].

Součinitel tepelné ztráty větráním se stanoví ze vztahu:

$$H_v = 0,34 \cdot \quad [W/K] \quad (2.12)$$

kde \dot{V} je tok větracího vzduchu [m³/h], (který se stanoví pro přirozené větrání ze vztahu)

$$\dot{V} = \max(\dot{V}_{inf}, \dot{V}_{max}) \quad [m^3/h] \quad (2.13)$$

kde V_{inf} je větrací tok způsobený infiltrací [m³/h]
 V_{min} je větrací tok požadovaný z hygienických důvodů [m³/h]

Větrací tok způsobený infiltrací lze stanovit ze vztahu:

$$\dot{V}_{inf} = 2 \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (2.14)$$

kde V je objem vzduchu v místnosti [m³]
 n_{50} je intenzita výměny vzduchu obálkou budovy při tlakovém rozdílu 50 Pa [1/h]
 e_i je stínící činitel a ε je výškový korekční činitel.

Větrací tok požadovaný z hygienických důvodů je definován jako:

$$\dot{V}_{min} = n_{min} \cdot V \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (2.15)$$

kde V je objem vzduchu v místnosti [m³]
 n_{min} je minimální intenzita výměny vzduchu v místnosti [h⁻¹]

Pro bytové objekty je minimální intenzita výměny vzduchu obvykle doporučována 0,5 h⁻¹ pro obývací místnosti a až 1,5 h⁻¹ pro kuchyně a koupelny.

Pro nucené větrání se větrací tok stanoví jako:

$$\dot{V} = \dot{V}_{inf} \cdot \dot{V}_{su} \cdot f_v + \dot{V}_{mech} \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (2.16)$$

kde V_{inf} je větrací tok infiltrací (viz výše) [m³/h]
 V_{su} je tok přiváděného vzduchu [m³/h]
 V_{mech} je tok vzduchu přísávaného obálkou objektu v případě, kdy je tok odváděného vzduchu vyšší než tok vzduchu přiváděného [m³/h].
 f_v je teplotní redukční činitel [-]

Teplotní redukční činitel f_v se stanoví jako:

$$f_v = \frac{(t_i - t_{su})}{t_i - t_e} \quad [-] \quad (2.17)$$

kde t_i je návrhová (výpočtová) vnitřní teplota [°C],
 t_e je návrhová (výpočtová) venkovní teplota [°C]
 t_{su} je teplota přiváděného větracího vzduchu, která zohledňuje případné zpětné získávání tepla [°C].

Přídavný výkon kvůli zátoku při přerušovaném vytápění se určí ze vztahu:

$$\Phi_{RH} = A \cdot f_{RH} \quad [W] \quad (2.18)$$

kde A je plocha podlahy místnosti [m²]
 f_{RH} je korekční činitel zohledňující délku otopné přestávky, rychlost zátoku a tepelnou setrvačnost konstrukcí.

Celková tepelná ztráta podlaží

Celkovou tepelnou ztrátu podlaží program určuje podle vztahu:

$$\Phi_{HL, podl} = \sum \Phi_{HL} \cdot N \quad [W] \quad (2.19)$$

kde Φ_{HL} je celková tepelná ztráta určitého typu místnosti [W]
 N je četnost výskytu tohoto typu místnosti na daném podlaží.

Celková tepelná ztráta objektu

Celková tepelná ztráta objektu se v programu stanovuje konzervativně jako součet tepelných ztrát všech zadaných podlaží.

Tepelná charakteristika budovy

Celková tepelná charakteristika podle starší normy ČSN 730540 (1994) se stanovuje v programu ze vztahu (6.10) v :

$$q_c = \frac{\Phi_{HL,b}}{V_n \cdot (\theta_{im} + 15)} \quad [W \cdot m^{-3} \cdot K^{-1}] \quad (2.20)$$

kde V_n je základní obestavěný prostor spodní a vrchní části budovy dle ČSN 730540-2 [m³],
 t_{im} je průměrná vnitřní výpočtová teplota v budově, která se v programu stanoví jako vážený průměr přes objemy jednotlivých místností a jejich vnitřní výpočtové teploty,
 $\Phi_{HL,b}$ je celková tepelná ztráta budovy [W] stanovená podle vztahu:

$$\Phi_{HL,b} = \Phi_{HL,b,e} \cdot \frac{t_{im} + 15}{t_{im} - \theta_e} \quad [W] \quad (2.21)$$

kde $\Phi_{HL,b,e}$ je celková tepelná ztráta budovy [W]
(stanovená výpočtem pro uvažovanou venkovní návrhovou teplotu θ_e [°C]).

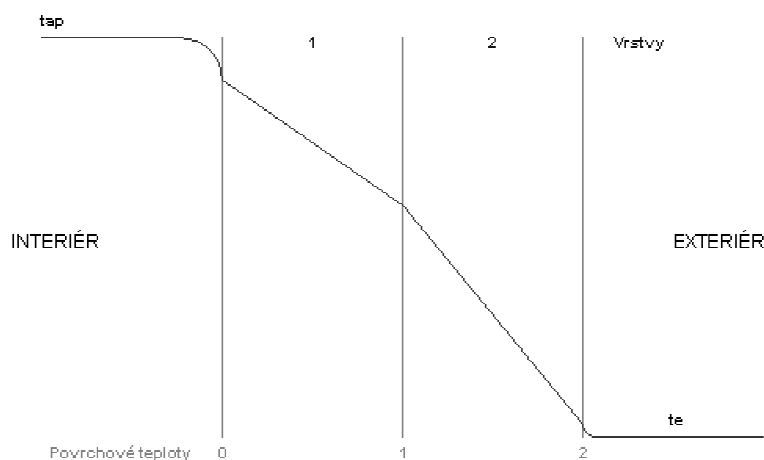
3. PROSTUP TEPLA

Prostup tepla definujeme jako současný přestup z teplejší tekutiny do stěny, vedení tepla stěnou a přestup do chladnější tekutiny (obr. č. 3.1).

Výpočet stacionárního prostupu tepla rovinnou stěnou vypočteme pomocí rovnice:

$$Q = U \cdot S \cdot (t_i - t_e) \quad [W] \quad (3.9)$$

Kde U je součinitel prostupu tepla [$W/m^2 \cdot K$]
 S je plocha stěny [m^2]
 t_i, t_e je vnitřní a vnější teplota [$^{\circ}C$]



Obr. č. 3.1 Průběh teplot ve stavební konstrukci

Prostupu tepla je dán při působení všech tří druhů sdílení tepla.

3.1 Druhy sdílení tepla

Teplo je druh energie, které se šíří v libovolném prostředí ve kterém jsou rozdílné teploty. Šíření tepla nám popisuje druhý termodynamický zákon. Teplo se šíří z místa o vyšší teplotě do míst o nižší a snaží se vyrovnat teplotní rozdíl. [5] [6]

Podle druhu prostředí, v kterém se teplo šíří a fyzikálních zákonů šíření tepla, rozeznáváme tři druhy sdílení tepla. [5] [6]

- Vedení
- Proudění
- Sálání

3.1.1 Vedení tepla

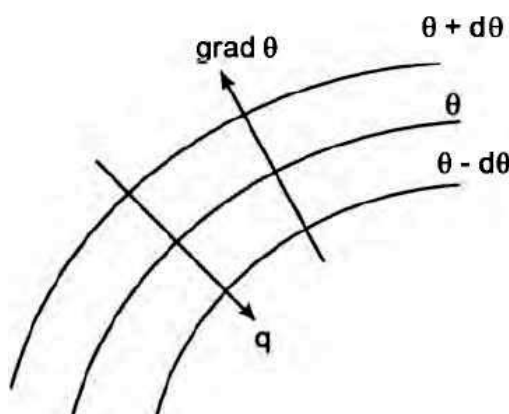
Ke sdílení tepla vedením dochází mezi sousedícími částicemi a to především pevných látek. Fyzikální podstata vedení tepla v pevné látce spočívá v pohybu částic hmoty. V případech stavebních konstrukcí se jedná o nejběžnější způsob šíření tepla.

Fyzikální zákony, které popisují tento druh sdílení tepla, jsou první a druhý Fourierův zákon. První Fourierův zákon definuje teplotní spád neboli závislost tepelného toku na gradientu teploty. Zde předpokládáme stacionární teplotní pole, což znamená, že se rozložení teplot v tělese nemění v čase. Další předpoklady, které je nutno splnit jsou homogenita a izotropie (vlastnosti materiálu jsou ve všech směrech stejné) materiálu. Matematickou definici prvního Fourierova zákona vedení tepla formulovat jako: [2][7]

$$q = -\lambda \cdot \text{grad } t \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2}] \quad (3.2)$$

kde q hustota tepelného toku $[\text{W} \cdot \text{m}^{-2}]$
 λ součinitel tepelné vodivosti $[\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}]$
 $\text{grad } t$ teplotní spád $[\text{K} \cdot \text{m}^{-1}]$

Tepelný tok a teplotní gradient mají jako vektory opačný smysl (teplo se šíří od míst s vyšší teplotou do míst s teplotou nižší) což můžeme vidět na obrázku, kde je graficky znázorněn vztah gradientu a směru a tepelného toku (obr. č 3.2). V rovnici 3.2 se tato skutečnost projeví jako záporné znaménko na pravé straně rovnice.[2]



Obr. č. 3.2 Vztah gradientu a směru a tepelného toku [2]

3.1.2 Přenos tepla prouděním

K šíření tepla prouděním dochází v tekutině, což je souhrnný název kapalných a plyných látek. Proudění se dá rozlišit podle toho, zdali je volné nebo vynucené a jestli probíhá v omezeném nebo neomezeném prostoru. Volné proudění v omezeném prostoru lze v praxi popsat uvnitř místnosti, když vzduch přirozeně proudí bez vnějších činitelů. Kdežto vynucené proudění je vyvoláno vnějším vlivem například ventilátorem či čerpadlem.[2]

Jedním ze základních fyzikálních zákonů, užívaných při výpočtu proudění je Newtonův zákon, který popisuje hustotu tepelného toku při proudění. Ke sdílení (přenosu) tepla prouděním dochází například při volném proudění v atmosféře nebo při styku kapaliny nebo plynu s pevnou stěnou. Při tom dochází k ochlazování nebo ohřívání tenké vrstvy tekutiny při stěně

(podle toho, je-li teplota stěny vůči tekutině vyšší nebo nižší). Vzniklé rozdíly teplot vrstev pak způsobují přirozené proudění. [2]

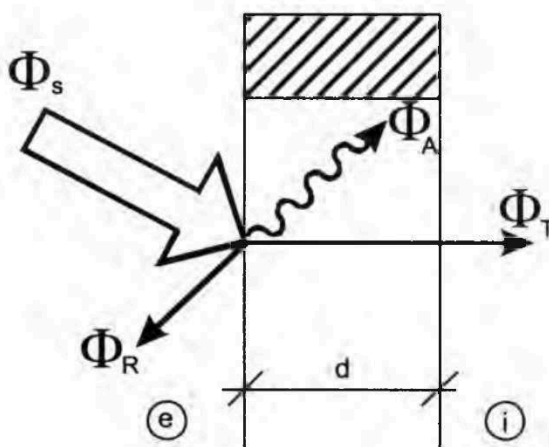
Pro sdílení tepla konvekcí platí obecně:

$$q = \alpha (t_s - t_o) \quad [\text{W} \cdot \text{m}^{-2}] \quad (3.3)$$

kde α, h_s je součinitel přestupu tepla $[\text{W} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{K}^{-1}]$
 q hustota tepelného výkonu vztažená na plochu $[\text{W} \cdot \text{m}^{-2}]$
 t_s povrchová teplota výstupu ze stěny $[\text{C}^\circ]$
 t_o teplota tekutiny $[\text{C}^\circ]$

3.1.3 Přenos tepla sáláním

Teplo, jež je šířeno, jako sálavý tok můžeme definovat jako přenos elektromagnetické záření a to především infračerveného. Toto záření je vydáváno každým tělesem o teplotě vyšší než 0 K. Takovéto tělesa nejen záření vydávají, ale částečně i pohlcují, odrážejí a propouští. Rozdělení celkového sálavého toku dopadajícího na stavební konstrukci, je znázorněno na obrázku číslo 3.3.



Obr. č. 3.3 Jednotlivé složky sálavého toku [2]

3.2 Součinitel prostupu tepla

$$U = \frac{1}{C + R_n + R_{se}} = \frac{1}{\frac{1}{h_{si}} + \sum \frac{l}{\lambda} + \frac{1}{h_{se}}} \quad [\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}] \quad (3.10)$$

Kde R_{si}, R_{se} je tepelný odpor při přestupu tepla $[\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}]$

R_n je tepelný odpor konstrukce $[\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}]$

Součinitel prostupu tepla je veličina, pomocí které, vyjadřujeme izolační schopnost stavebních konstrukcí. Hodnota prostupu tepla nám udává tepelný tok ve watttech, který prostoupí stěnou o rozměru jeden metr čtvereční, při rozdílu teplot o jeden kelvin. [2][3]

Tepelný tok, který prochází z jedné strany stěny na druhou je podmíněn jejich nestejnou teplotou. Rozdílné teploty stěn vznikají, protože na povrch působí odlišné teploty. Rozdílné teploty jsou, nejčastěji dány tím že stěna od sebe odděluje chladnější a teplejší tekutiny. Pokud známe teploty tekutin, můžeme určit součinitel přestupu tepla. [2][3]

3.3 Součinitel přestupu tepla

$$R_{si} = \frac{1}{h_{si}}, R_{se} = \frac{1}{h_{se}}, \quad [W/m^2 \cdot K] \quad (3.11)$$

Kde h_{si}, h_{se} je součinitel přestupu tepla vnitřní respektive vnější $[W \cdot m^2 \cdot K^{-1}]$

Výsledná hodnota součinitele prostupu tepla závisí na těchto fyzikálních vlastnostech:

- tvar obtékaného tělesa
- rychlost proudění tekutiny

Z hlediska praxe jsou hodnoty součinitele přestupu tepla určeny pomocí tabulky (tab. č. 6.1), ve kterých se nachází hodnoty dle standardních okrajových podmínek.

3.4 Součinitel tepelné vodivosti

Součinitel tepelné vodivosti $\lambda [W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}]$ vyjadřuje schopnost hmoty vést teplo. U plynné fáze hmoty se mění s tlakem. U kapalně a tuhé fáze hmoty je možné závislost na tlaku zanedbat (počítáme-li za běžných technických podmínek).

Součinitel tepelné vodivosti je dán druhem materiálu a závisí také na struktuře a hustotě materiálu. U pórovitých materiálů záleží na velikosti pórů a tekutině, kterou jsou póry zaplněny. V případě krystalických látek na fázích a jemnosti struktury.

Nejvyšší tepelnou vodivost mají čisté kovy. V důsledku znečištění čistých kovů dochází ke snížení tepelné vodivosti. Z hlediska zvyšující se teploty, tepelná vodivost klesá stejně jako elektrická vodivost. Jako tepelná izolace se nejlépe hodí suché pórovité materiály. Tepelná vodivost těchto materiálů je nízká, ale se stoupající teplotou vzrůstá. Při výpočtech počítáme se střední teplotou materiálu jako střední teplota mezi těmito materiály. [6] [7]

4. TEPELNÉ MOSTY

Tepelné mosty jsou místa v konstrukci, ve kterých dochází k vícerozměrnému vedení tepla a většímu tepelnému toku. Jedná se tedy o místa, kudy uniká na jeden metr čtvereční mnohem více tepelné energie než okolní konstrukcí při stejné ploše. Mohou být způsobeny konvekcí, kondukcí a radiací. Důsledkem tepelného mostu dochází k tepelným ztrátám, ale také k poklesu vnitřní povrchové teploty což může způsobovat kondenzaci na povrchu stěny a vznik plísní. V praxi se lze obvykle setkat s tepelnými mosty, které jsou způsobeny vedením tepla.

U novostaveb se lze tepelným mostům vyvarovat správným konstrukčním řešením těchto stavebních detailů. U domů které již stojí lze tepelné mosty odhalit, v nejhorších případech vizuálně nebo pomocí měřicí techniky. Měření se provádí termokamerou, která nám odhalí místa se studenějším povrchem (měření v interiéru) a teplejším povrchem (měření v exteriéru). Měření termokamerou je nejlépe provádět v zimě, kdy je rozdíl mezi vnitřní a venkovní teplotou co největší. [8][4][5]

4.1 Dělení tepelných mostů

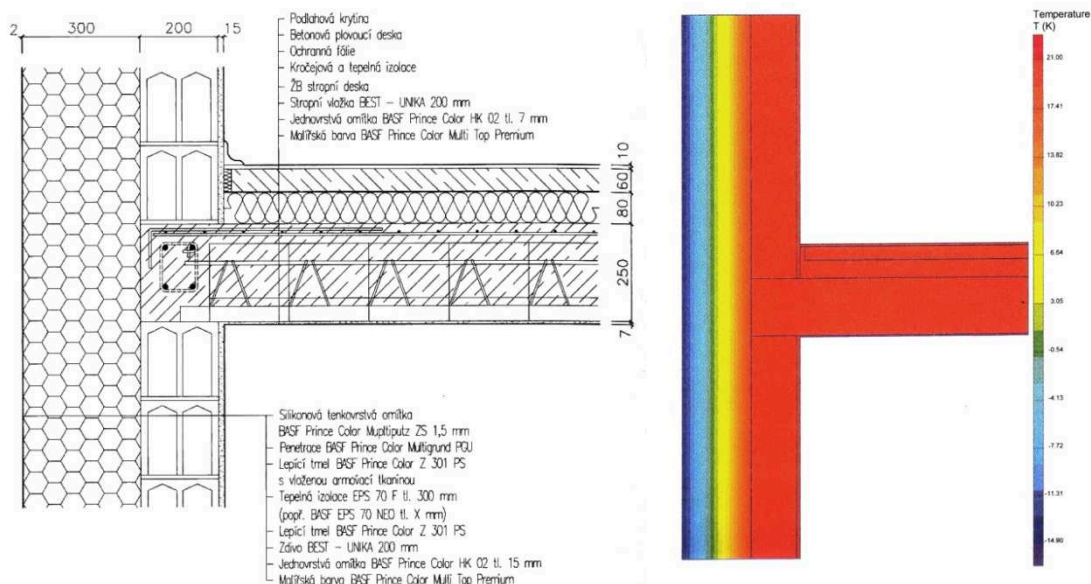
Tepelné mosty lze rozdělit do dvou základních typů. Tepelná vazba je typ tepelného mostu, který je způsoben stykem dvou různých konstrukcí (např. roh budovy kde, je styk dvou stěn). Druhým typem, jsou tepelné mosty v konstrukci, které se dělí na nahodilé a systematické. Nahodilé tepelné mosty jsou takové, které se v konstrukci pravidelně neopakují (např. způsobené nepravidelnou strukturou zdi). Systémové lze definovat jako místa s horšími izolačními vlastnostmi, které se pravidelně opakují (např. krokve, spony nebo kotvící prvky u izolace). [4][5]



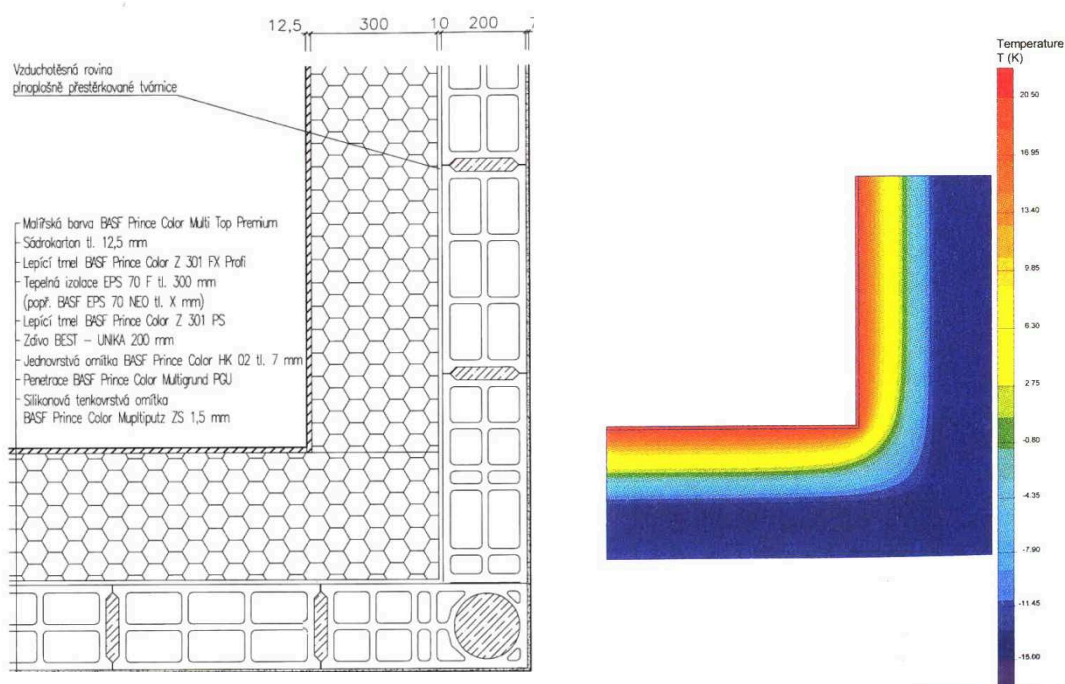
Obr. č. 4.1 Tepelné mosty - termovize [12]

4.2 Ukázky tepelných mostů

V řešeném objektu této bakalářské práce se nejčastěji vyskytují tepelné mosty způsobené napojením obvodové stěny a stropu (obr. č. 4.1) a koutových tepelných mostů, kde dochází ke styku dvou stěn (obr. č. 4.2). Na obrázcích je znázorněno řešení těchto tepelných mostů.



Obr. č. 4.2 Napojení obvodové stěny a stropu [4]



Obr. č. 4.3 Napojení obvodové stěny a stropu [4]

5. ENERGETICKÁ BILANCE

V případě provádění energetické bilance musíme v první řadě sečíst ztráty (potřeby), zvážit zda je možno ztráty snížit a následně určit finanční náročnost těchto úprav. Poté zhodnotíme veškeré zisky a rozdíl mezi ztrátou a ziskem pokryjeme vhodným zdrojem.

5.1 Rozdělení budov podle energetické spotřeby

Dle energetické potřeby můžeme budovy dělit podle následujícího obecného rozdělení.

Starší domy (bez dodatečných úprav) jsou charakterizovány zastaralou otopnou soustavou, zdroj tepla je velkým zdrojem emisí, větrání probíhá pomocí oken, budova je nezateplená a špatně izolovaná, přetápí se. Potřeby tepla jsou nad 200 [kWh/(m²a)].

Současné novostavby lze popsat, jako konstrukce, které jsou stavěné tak, aby splňovaly dané normy. Jsou vytápěny pomocí plynového kotle či kondenzačního plynového kotle (vyšší účinnost). Větrání je obvykle řešeno okny. Potřeby tepla jsou 80 – 140 [kWh/(m²a)].

Dalším typem jsou nízkoenergetické domy. U těchto domů jsou otopné soustavy o nižších výkonech, ale využívá se obnovitelných zdrojů. Konstrukce jsou dobře zateplené a větrání je řízené. Potřeby tepla jsou méně než 50 [kWh/(m²a)].

Pasivní domy jsou vytápěny pouze teplovzdušně s rekuperací tepla, vyznačují se vynikajícími parametry tepelné izolace a velmi těsnou konstrukcí. Potřeby tepla jsou méně než 15 [kWh/(m²a)].

Nulové domy mají parametry minimálně na úrovni pasivního domu. Energetické potřeby pokrývá velká plocha fotovoltaických panelů. Potřeby tepla jsou menší než 5 [kWh/(m²a)]. [8]

5.2 Základní pojmy energetické bilance

Vytápěný prostor - jedná se o místnost nebo uzavřený prostor, který je vytápěn na požadovanou teplotu (obvykle dle normy)

Nevytápěný prostor – místnost nebo uzavřený prostor, který není přímo vytápěn

Vytápěná zóna - část vytápěného prostoru s danou požadovanou vnitřní teplotou, uvnitř kterého jsou shodné teploty nebo se rozdíly vnitřní teploty považují za zanedbatelné. Budova se pro účely energetických výpočtů může skládat z jedné nebo více zón.

Výpočtové období - časový úsek pro výpočet tepelných ztrát a zisků a pro sestavení energetické bilance budovy.

Venkovní teplota - teplota venkovního vzduchu

Vnitřní teplota - aritmetický průměr teploty vzduchu a střední sálavé teploty ve středu místnosti

Požadovaná teplota - návrhová vnitřní teplota

Potřeba tepla na vytápění - teplo, které je třeba dodat vytápěnému prostoru pro zajištění požadované teploty vytápěného prostoru v daném období při ideální otopné soustavě

Potřeba energie na vytápění - tepelná energie, kterou je třeba dodat otopné soustavě pro pokrytí potřeby tepla

Přerušované vytápění - způsob vytápění, při kterém se období normálního vytápění střídá s obdobími s redukováním vytápěním (snížení výkonu, vypnutí)

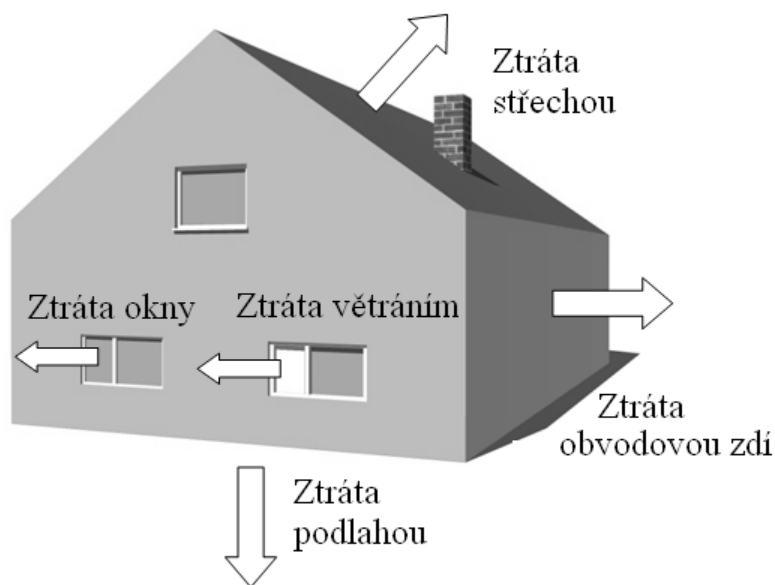
Měrný tepelný tok - podíl tepelného toku mezi dvěma teplotními zónami a rozdílu teplot v obou zónách [1]

5.3 Tepelné ztráty

Tepelné ztráty lze rozdělit na dvě položky, ztráty prostupem tepla jednotlivými druhy konstrukcí (obr. č 5.1) a ztráty větráním.

5.3.1 Tepelné ztráty prostupem tepla

Ztráty prostupem tepla mohou probíhat přímo konstrukcí, pokud stěna sousedí přímo s venkovním vzduchem. Nepřímo se jedná o variantu, kdy stěna sousedí s místností, která není vytápěná. Další důležité ztráty jsou prostup tepla přes zeminu (jež přiléhá ke konstrukci budovy), ztráty střechou, okny, pomocí tepelných vazeb.[1]



Obr. č. 5.1 Tepelné ztráty jednotlivými typy konstrukcí

5.3.2 Tepelné ztráty větráním

Tepelná ztráta je způsobena odváděním vzduchu z vytápěného prostoru. Vzduch může být odváděn netěsnostmi v konstrukcích nebo cíleně za účelem větrání. V případě netěsností budovy dochází k tepelné ztrátě infilrací, která se odvíjí od toho, jak je budova chráněna proti povětrnostním vlivům. [1]

5.4 Tepelné zisky

Pokud chceme získat co nejpřesnější hodnoty vnitřních tepelných zisků, musíme počítat s veškerými hodnotami. Mezi vnitřní tepelné zisky patří veškeré elektronické spotřebiče, které se nachází uvnitř hodnocené budovy. Z praktického hlediska má smysl počítat s těmi spotřebiči, u kterých je nadměrná produkce tepla a využití v čase. Další hodnota je metabolické teplo, jehož hodnota stoupá, podle hodnoty obsazení budovy. Tepelný výkon, jenž je produkován obyvateli, nemá konstantní hodnotu, ale odvíjí se v závislosti na fyzickém zatížení jeho obyvatelstva. Hodnoty tepelných zisků by se měli spíše poddimenzovat, aby nedošlo k nedostatku tepla. U administrativních budov může docházet k problému opačnému a to k přehřívání místnosti v důsledku nadměrného počtu osídlení a výpočetní techniky.[1]

6. ŘEŠENÝ OBJEKT

6.1 Popis oblasti

Budova se nachází v malé vesnici Lhotka nedaleko města Vítkov. Nadmořská výška vesnice je přibližně 489 m, průměrná roční teplota, jež byla stanovena z průměrných hodnot v roce (tab. 3.2), se rovná 8,2°C.

6.2 Popis objektu

Jedná se o starý jednopodlažní dům, u kterého došlo k mnoha úpravám a dostavbám. Proto jsou jeho obvodové a příčné zdi různorodé tloušťky. V tomto domě je 15 místností v prvním patře a z toho 8 vytápěných. Druhé patro je podkrovní půda, která je nevytápěna a slouží jako skladiště. Celková půdorysná plocha objektu je 283 m².

6.3 Určení vstupních parametrů pro výpočty:

Stavebně fyzikální vlastnosti materiálů se v praxi obvykle stanovují podle tabulek.

Klimatické období	Druh konstrukce a povrch konstrukce	Tvar a orientace		Odpor při přestupu tepla R_{si} , R_{se} , R_{se} , R_{sik} m ² K/W	
				pro výpočty šíření vlhkosti a rizika růstů plísní	pro výpočty šíření tepla
1	2	3		4	5
Zimní	Vnější povrch stavební konstrukce a výplně otvoru			0,04	0,04
Zimní, při nadmořské výšce nad 1 000 m n.m.				0,03	0,03
Letní				0,07	0,07
		Svislý povrch		0,25	0,13
		Vodorovný povrch	zdola nahoru	0,25	0,10
	Vnitřní povrch stavební konstrukce	Při tepelném toku	shora dolů	0,25	0,17
		Svislý kout		0,25	0,19
		Vodorovný kout		0,25	0,21
Zimní i letní		Svislý povrch, nebo povrch se sklonem od 90° do 60° od vodorovné roviny		0,13	0,13
	Vnitřní povrch výplně otvoru	Vodorovný povrch, nebo povrch se sklonem od 0° do 60° od vodorovné roviny		0,13	0,10
		Vodorovný povrch	zdola nahoru	0,13	0,10
		při tepelném toku	shora dolů	-	0,17
		Svislý kout		0,13	0,20
		Vodorovný kout		0,13	0,20

Tab. č. 6.1 Tabulkové hodnoty přestupu tepla

6.3.1 Stanovení hodnot venkovního a vnitřního prostředí

Mezi první kroky při hodnocení energetických bilancí objektů patří určení parametru venkovního prostředí v dané oblasti. Těmito parametry jsou myšleny veškeré klimatické vlastnosti, které mohou výrazně ovlivnit výslednou bilanci. Mezi tyto parametry patří teplota (tab. č. 6.2) a vlhkost vzduchu, mezi neméně důležité parametry patří také rychlost a směr větru nebo sluneční záření.[2]

Vnitřní teplota objektu se odvíjí od toho, k jakému účelu bude objekt sloužit. U budov, které slouží jako obytné, jsou obvykle hlavní kritéria zajištění komfortu vnitřního prostředí. Teploty jednotlivých místností jsou dány normou (tab. č. 6.3).[2]

Měsíc	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
Počet dnů	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Průměrná teplota	-2,3	-0,7	3,2	8	13,2	16,2	17,6	17,2	13,5	8,9	3,7	-0,4
Relativní vlhkost	81,1	80,7	79,4	77,3	74,2	71,7	70,3	70,7	73,9	76,8	79,2	80,5
Parciální tlak	410	466	611	830	1127	1321	1415	1388	1144	877	631	477

Tab. č. 6.2 Přírodní vlivy

Z hodnot v tabulce č. 6.2 jsou určeny průměrné hodnoty pro výpočet:

Návrhová (výpočtová) venkovní teplota	t_e :	-15,0 [°C]
Průměrná roční teplota venkovního vzduchu	$t_{e,m}$	8,2 [°C]
Činitel ročního kolísání venkovní teploty	fg_1 :	1,45 [-]

Druh vytápěné místnosti	Výpočtová vnitřní teplota t_i [°C]
obývací místnosti	20
kuchyně	20
koupelny	24
předsíň, chodby	15
vytápěná schodiště	10

Tab. č. 6.3 Teploty dle ČSN 70

Obvodová stěna – 300 mm

Stěna kolem Ložnice 1 a jídelny.

Struktura stěny	Tloušťka [mm]	λ [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]
omítka vápenná	0,02	0,87
vápenopískové cihly	0,25	0,86
břizolit	0,03	0,9

Tab. č. 6.4 Složení obvodové stěny 300 mm

Výsledný součinitel prostupu tepla: $U = 1,852$ [W/m²K⁻¹]

Obvodová stěna – 450 mm

Struktura stěny	Tloušťka [mm]	λ [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]
omítka vápenná	0,02	0,87
vápenopískové cihly	0,400	0,86
břizolit	0,03	0,9

Tab. 6.5 Složení obvodové stěny 400 mm

Výsledný součinitel prostupu tepla: $U = 1,37$ [W/m²K⁻¹]

Podlaha

Struktura stěny	Tloušťka [mm]	λ [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]
dlažba	0,0075	1,01
betonová mazanina	0,04	1,23
podkladový beton	0,1	1,23
zemina	-	-

Tab. č. 6.6 Skladba podlahy v kontaktu se zeminou

Výsledný součinitel prostupu tepla: $U = 3,01$ [W/m²K⁻¹]

Strop

Struktura stěny	Tloušťka [mm]	λ [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]
dřevo měkké	0,02	0,18
dřevovláknité desky	0,015	0,046
škvára	0,02	0,27
betonová mazanina	0,04	1,23

Tab. 6.5 Skladba podlahy v kontaktu se zeminou

Výsledný součinitel prostupu tepla: $U = 1,852$ [W/m²K⁻¹]

Střecha – vata

Jedná se o konstrukci, která je situována nad místnost jídelna a ložnice 1. Tato konstrukce je již zateplená.

Struktura střechy	Tloušťka [mm]	λ [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]
pozinkovaný plech	0,0008	50
dřevěná deska	0,02	0,22
skelná vlna	0,1	0,046

Tab. č. 6.6 Skladba střechy

Výsledný součinitel prostupu tepla: $U = 0,407$ [W/m²K⁻¹]

Okna

V hodnoceném objektu, ve vytápěných místnostech, jsou použita plastová dvojskla, která jsou plněná argonem s koeficientem prostupu tepla $U=1,2 \text{ [W/m}^2\text{K}^{-1}]$.

Dveře

Plastové tyto dveře jsou použity v místnosti jídelna a jsou v kontaktu s exteriérem $U=1,2 \text{ [W/m}^2\text{K}^{-1}]$.

Dveře – vstupní

Jsou jednoduché dřevěné dveře, které jsou v místnosti chodba.

Dveře - velké garážové

Dřevěné dveře se skleněnou výplní

7. ENERGETICKÁ BILANCE – VÝSLEDNÉ HODNOTY

Na základě vstupních hodnot byly vypočteny jednotlivé veličiny pomocí programu Ztráty (počítáno bylo dle vztahů, které jsou uvedeny v kapitole 1.2). Zjištěné hodnoty jsou uvedeny v následujících tabulkách.

Návrhová (výpočtová) venkovní teplota t_e :	-15,0 C°
Průměrná roční teplota venkovního vzduchu $t_{e,m}$:	8,2 C°
Činitel ročního kolísání venkovní teploty fg_1 :	1,45
Průměrná vnitřní teplota v objektu $t_{i,m}$:	15,6 C°

Půdorysná plocha podlahy objektu A:	270 [m ²]
Exponovaný obvod objektu P:	76,9 [m]
Obestavěný prostor vytápěných částí budovy V:	677,7 [m ³]
Typ objektu:	bytový

Výsledná tabulka všech místností:

č. m	Název místnosti	Teplota Vnitřní	Vytápěná Plocha	Objem vzduchu	Celk. ztráta	Celk. ztráta	$\Phi_{HL} / (t_i - t_e)$
		$T_i \text{ [C}^\circ\text{]}$	$A_f \text{ [m}^2\text{]}$	$V \text{ [m}^3\text{]}$	$\Phi_{HL} \text{ [W]}$	$\Phi_{HL} \text{ [%]}$	[W/K]
1	Ložnice	20	23,5	47	2569	11,1	73,39
2	Jídelna	20	42,3	84,6	4205	18,1	120,14
3	Kuchyň	20	20,5	41,1	1695	7,3	48,43
4	Ložnice 1	20	22,8	45,5	3566	15,4	101,89
5	Obývací pokoj	20	30,1	60,3	3677	15,9	105,05
6	Chodba	20	14,3	28,6	1656	7,1	47,31
7	N-Schodiště	5	7,9	7,9	112	0,5	5,59
9	N - Dílna 1	5	21,3	42,7	498	2,1	24,88
10	N - Dílna 2	5	8,3	16,5	39	0,2	1,97

11	N - Kotelna	5	20,8	41,7	304	1,3	15,18
12	N - Garáž	5.0	19,6	39,3	1100	4,7	54,99
13	Koupelna 1	20	8,4	16,8	1429	6,2	40,83
14	Prádelna	15	10,4	20,8	716	3,1	23,87
15	N - Komora	15	9,0	18,1	235	1	7,83
16	Koupelna 2	24	10,6	21,1	1380	6	35,37
17	Půda	-15	-	-	-	-	-
Součet			270	532	23179	100	711.05

Tab. č. 7.1 ztráta jednotlivých místností po zateplení

CELKOVÉ TEPELNÉ ZTRÁTY OBJEKTU

Součet tepelných ztrát	$\Phi_{HL}=23,179$ [kW]	100.0 %
Součet tepelných ztrát prostupem	$\Phi_T = 18,831$ [kW]	81,2 %
Součet tepelných ztrát větráním	$\Phi_V = 3,236$ [kW]	14 %
Korekce ztrát (zisky, přerušované vytápění) = 1,112 [kW]		4,8 %

Tepelná ztráta prostupem jednotlivé konstrukce:

	Ztráta [kW]	Procenta [%]	Plocha [m²]	Ztráta na plochu [W/m²]
Obvodové zdi	7,471	32,2	150,9	41,3
Okno plastové dvoukřídlé	0,655	2,8	13,6	48,3
Střecha (nad jídelnou a ložnicí)	0,921	4	64,2	14,4
Dveře plastové (jídelna)	0,077	0,3	1,6	48,3
Podlaha	1,423	6,1	270	5,3
Příčka	1,366	5,9	122,9	11,1
Strop	5,769	24,9	117,2	49,2
Dveře dřevěné p	0,111	0,5	3,4	32,5
Velké dveře – Dílna 1	0,224	1	4,2	52,9
Dřevěné okno - Kotelna	0,179	0,8	2	89,7
Velké dveře - Garáž	0,265	1,1	5	52,9
Okno – malé okno koupelna zadní	0,01	0,0	0,2	42
Tepelné vazby	0,361	1,5	---	---

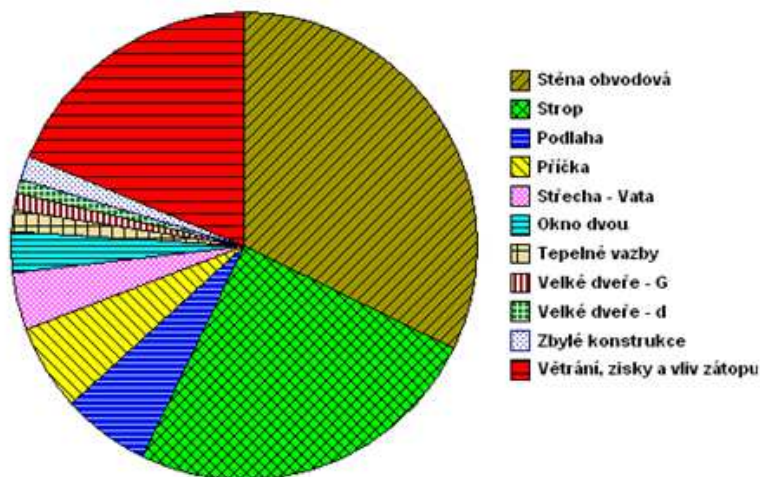
Tab. č. 7.2 výsledná tabulka ztrát skrz jednotlivé konstrukce

Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy $U_{em} = 0.99$ [W/m²K]

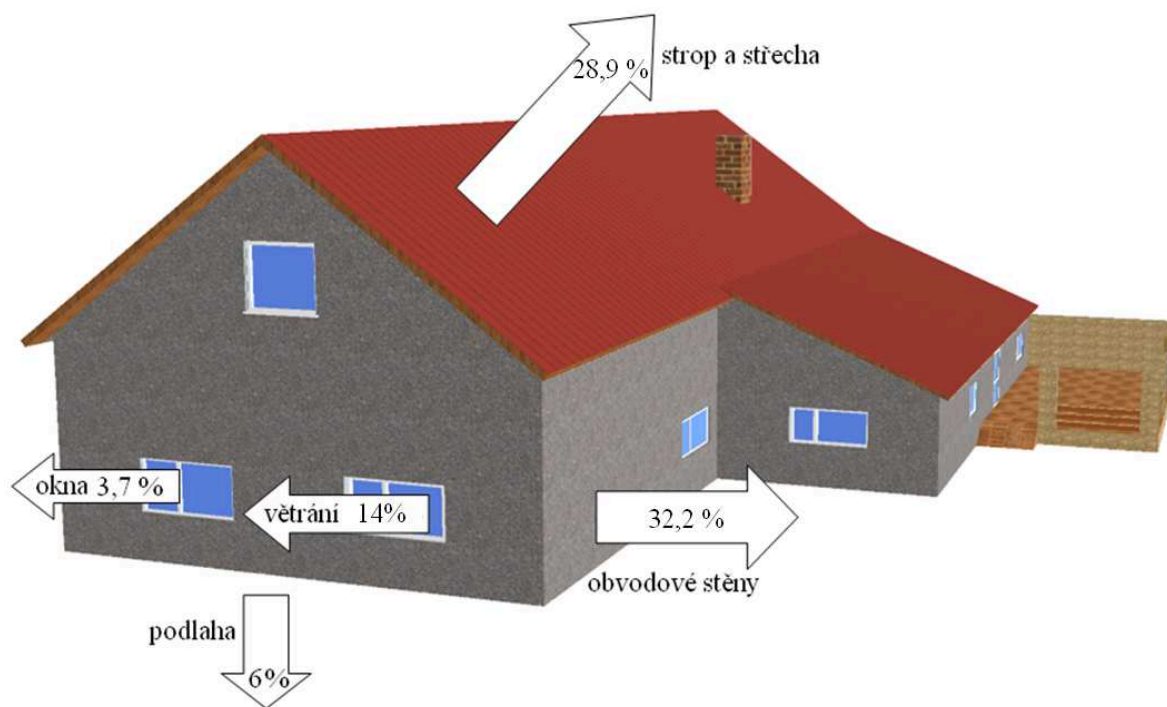
Ze zjištěných hodnot (tab. č 7.2) vyplývá, že k největším únikům tepla dochází obvodovou zdí a stropem, jež je v kontaktu s nevytápěnou půdou. Výsledky odpovídají předpokladům a následující řešení bude zamezovat úniku tepla přes tyto konstrukce. Průměrný

koeficient prostupu tepla je poměrně vysoký, což je dáno stářím objektu, který je až na výjimku (střecha nad jídelnou a ložnicí) bez jakékoliv izolace.

Tepelné ztráty objektu



Obr. č. 7.1 Graf srovnání jednotlivých konstrukcí



Obr. č. 7.2 Dům s šipkami jednotlivé ztráty

7.1 Náklady na vytápění

Z vypočtené ztráty prostupem tepla nyní vypočítáme potřebu energie a paliva na vytápění. Topnou sezonu volíme při teplotě 12°C, kdy teplota klesne pod tuto hodnotu pro následující dny. Délka otopného období je předpokládaná pro 228 dnů. Průměrná teplota během

otopného období je 3,5°C a výpočtová je -15 °C. Vytápění je rozváděno pomocí teplé vody s otopnými tělesy. Regulace otopných těles je ruční.

$$Q_{vyt} = \frac{\varepsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot Q_c \cdot D}{(t_{is} - t_e)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3} \quad [\text{W/K}] \quad (7.1)$$

kde Q_c je celková tepelná ztráta objektu [W]
 ε je opravný součinitel [-]
 η_o je účinnost obsluhy [-]
 η_r je účinnost rozvodu vytápění [-]
 D je počet denostupňů za dané období pro určitou lokalitu [K.dny]

$$D = d \cdot (t_{is} - t_{es}) \quad [\text{K.dny}] \quad (7.2)$$

kde d je otopné období [dny]
 t_{is} je průměrná vnitřní výpočtová teplota [°C]
 t_{es} Průměrná teplota během otopného období [°C]

$$\varepsilon = e_i \cdot e_t \cdot e_d \quad [-] \quad (7.3)$$

kde e_i je nesoučasnost tepelné ztráty [-]
 e_t je snížení teploty v místnosti během dne respektive noci [-]
 e_d je zkrácení doby vytápění u objektu s přestávkami v provozu [-]

Pomocí rovnic 7.1, 7.2 a 7.3 nyní provedeme výpočet potřeby tepla na vytápění podle hodnot zvolených podle otopné soustavy a klimatických podmínek dané oblasti.

Hodnoty pro výpočet:

$$D = d \cdot (t_{is} - t_{es}) = 228 \cdot (20 - 3,5) = 3762 \text{ [K.dny]}$$

$$\varepsilon = e_i : e_t \cdot e_d = 0,8 \cdot 0,85 \cdot 1 = 0,68 [-]$$

$$Q_{vyt} = \frac{\varepsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot Q_c \cdot D}{(t_{is} - t_e)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}$$

$$Q_{vyt} = \frac{0,68}{0,95 \cdot 0,96} \cdot \frac{24 \cdot 23,179 \cdot 3762}{(20 - 15)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}$$

$$Q_{vyt} = 160,5 \text{ [GJ/rok]}$$

	Účinnost kotle[%]	Potřeba tepla na vytápění [GJ/rok]	Cena paliva [Kč/GJ]	Celková cena [Kč/rok]
Dřevo 14,6 [MJ/kg]	85	163,58	242	38799

8. NÁVRH MOŽNOSTÍ SNÍŽENÍ TEPELNÝCH ZTRÁT

8.1 Teoretické možnosti úspory

Dodatečná tepelná izolace stěny

Zateplení z vnější strany konstrukce nám zvýší tepelný odpor, tepelně akumulční vlastnosti a zamezí problému s kondenzací vodní páry uvnitř konstrukce. Nevýhoda vnějšího zateplení je, že musíme zateplit celou plochu konstrukce a při montáži musíme použít lešení.

Dodatečná tepelná izolace z vnitřní strany má tu výhodu, že můžeme izolovat například pouze jeden byt a nemusíme izolovat celou plochu konstrukce. Nevýhodou je možný vznik problémů s kondenzací vodní páry uvnitř konstrukce, vznik tepelných mostů u příčných stěn a příček. Při instalaci vnitřní izolace se zmenší obytný prostor.

Dodatečná tepelná izolace střešních konstrukcí

Zásady pro provádění dodatečných tepelných izolací střešních konstrukcí jsou stejné jako u stěnových konstrukcí. Střešní konstrukce dělíme na ploché a šikmé, a dále na jednoplášťové a dvouplášťové.

Jednoplášťové ploché střechy se dodatečně izolují z vnější strany konstrukce pomocí tepelně izolační vrstvy, která je nenasákavá, popř. omezeně nasákavá, hmota. U dvouplášťových plochých střech zvyšujeme tepelně izolační vrstvy položené na spodním. V případě malé výšky vzduchové vrstvy lze provést dodatečnou tepelnou izolaci pouze z vnitřní strany konstrukce. Dodatečná tepelná izolace šikmé střechy se provádí pomocí tepelně izolační vrstvy z vláknitého materiálu. Parotěsnou fólii umístíme, co nejbližší k vnitřní straně konstrukce a nad tepelně izolační vrstvou ponecháme vzduchovou mezeru větranou z vnějšího prostředí. Jako hydroizolační vrstvu pod skládanou taškovou krytinou použijeme speciální paropropustnou fólii.

Snížení úniků tepla okny a dveřmi

Snížení úniků tepla skrz okna lze provést například zvětšením počtu skel. V dnešní době se nejčastěji vyskytují okna s dvěma skly. Okna s třemi skly sice propustí méně tepla, ale jejich vyšší cena a hmotnost (vyžaduje pevnější konstrukci) je důvodem proč se tolik nevyužívají. Skla bývají často pokryta odrazivou vrstvou (pokovením skel) tím se sníží sálavá výměna tepla v dutině. Dutiny mezi skly jsou nejčastěji plněny argonem případně xenonem. Jako další možnost jak snížit prostup tepla skrze okna je varianta kdy se na okno aplikuje tepelně izolační folie. Rámy okna by měli být plastové s několika komorami. K tepelným ztrátám okny a dveřmi dochází prostupem tepla a infiltrací přes spáry okolo rámu proto je třeba utěsnit spáry pomocí těsnění.

8.2 Řešení se zateplením obvodových zdí a střechy

Vzhledem k tomu, že k největším únikům tepla dochází prostupem tepla obvodovými zdmi a stropem v kontaktu s nevytápěnou půdou. Proto je zde navrženo řešení, u kterého se počítá se zateplením těchto ploch.

Pro zateplení stropu mezi vytápěnými místnostmi a nevytápěnou půdou budou použity izolační desky Isover UNI o tloušťce 120 mm, které jsou vyrobené z minerální plsti. Tyto desky jsou vhodné pro nezatížené izolace vnějších stěn (provětrávaných fasád pod obklad s vkládáním izolantu do kazet nebo do roštů), dále pro izolace šikmých střech, stropů, podhledů a dalších lehkých sendvičových konstrukcí. Teplená vodivost $\lambda = 0,035 \text{ [W. m-1. K}^{-1}\text{]}$ a součinitel prostupu tepla po aplikování izolantu je $U = 0,305 \text{ W/m}^2\text{K}$

Plocha stropu [m ²]	Cena materiálu za m ² [Kč/ m ²]	Celková cena [Kč]
150	107,57	16419,4 Kč

Tab. č. 8.1

V případě zateplení obvodových zdí jsem zvolil zateplovací systém, jehož skladba je uvedena v tabulce č. 8.2.

Struktura stěny	Tloušťka	$\lambda \text{ [W. m-1. K}^{-1}\text{]}$
Lepicí stěrka	0,002	0,7
Polystyren	0,12	0,04
Lepicí stěrka	0,002	0,7
Silikonová omítka	0,003	0,86

Tab. č. 8.2 Skladba tepelné izolace

Cena materiálu k provedení zateplovacích prací je uvedena v tabulce č. 8.3. Ceny v této tabulce jsou pouze orientační.

Materiál	Plocha obvodových zdí [m ²]	Cena materiálu [Kč/m ²]	Celková cena [Kč]
Polystyrén EPS 70F	151	110	16610
Lepicí a armovací tmel		50	7550
Armovací tkanina		20	3020
Talířové hmoždinky a další systémové prvky		80	12080
silikonová omítka		130	19630

Montážní práce		450	67950
Lešení (pronájem, stavba)		140	21140
Celková cena		980	147980

Tab. č. 8.3 Ceny materiálu

8.2.1 Výpočet tepelných ztrát po zateplení

č. m	Název místnosti	Teplota Vnitřní	Vytápěná Plocha	Objem vzduchu	Celk. ztráta	Celk. ztráta	$\Phi_{HL} / (t_i - t_e)$
		t_i [C°]	A_f [m ²]	V [m ³]	Φ_{HL} [W]	Φ_{HL} [%]	[W/K]
1	Ložnice	20	23,5	47	1313	10,9	37,51
2	Jídelna	20	42,3	84,6	2525	21	72,15
3	Kuchyň	20	20,5	41,1	590	4,9	16,85
4	Ložnice 1	20	22,8	45,5	1777	14,8	50,76
5	Obývací	20	30,1	60,3	1451	12,1	41,47
6	Chodba	20	14,3	28,6	1026	8,5	29,32
7	N - Schodiště	5	7,9	7,9	26	0,2	1,31
8	N - Dílna 1	5	21,3	42,7	350	2,9	17,48
9	N - Dílna 2	5	8,3	16,5	39	0,3	1,97
10	N - Kotelna	5	20,8	41,7	150	1,2	7,49
11	N - Garáž	5	19,6	39,3	572	4,8	28,62
12	Koupelna zadní	20	8,4	16,8	699	5,8	19,98
13	Prádelna	15	10,4	20,8	357	3	11,91
14	N - Komora	15	9	18,1	235	2	7,83
15	Koupelna -	24	10,6	21,1	905	7,5	23,21
Součet			270	532	12016	100	367,84

Tab. č. 8.4 ztráta jednotlivých místností po zateplení

CELKOVÉ TEPELNÉ ZTRÁTY OBJEKTU

Součet tepelných ztrát $\Phi_{HL} = 12,016$ [kW] 100.0 %

Součet tepelných ztrát prostupem $\Phi_T = 7,469$ [kW] 64,1 %

Součet tepelných ztrát větráním $\Phi_v = 3,197$ kW [kW] 26,6 %

Korekce ztrát (zisky, přerušované vytápění) = 1,112 kW [kW] 9,3 %

	Ztráta [kW]	Procenta [%]	Plocha [m2]	Φ_T/m^2 [W/m2]
Obvodová zeď zateplená	1,073	8,9	150,9	7,1
Okno dvou.	0,641	5,3	13,6	47,3
Střecha - Vata	0,915	7,6	64,2	14,2
Dveře plast.	0,077	0,6	1,6	48,3

Podlaha	1,423	11,8	270	5,3
Příčka	1,366	11,4	122,9	11,1
Strop zateplený	1,064	8,9	117,2	9,1
Dveře dřevěné vstupní	0,111	0,9	3,4	32,5
Dveře velké dílna	0,224	1,9	4,2	52,9
Dřevěné okno - kotelná	0,179	1,5	2	89,7
Dveře velké garáž	0,265	2,2	5	52,9
Okno – malé koupelna zadní	0,01	0,1	0,2	42
Tepelné vazby	0.361 kW	3	---	---

Tab. č. 8.5 ztráta jednotlivých konstrukcí po zateplení

Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy $U_{em} = 0.48$ [W/m²K]

V tabulce konstrukcí si můžeme všimnout, že celková ztráta zateplených konstrukcí několikanásobně klesla.

Tabulka srovnání ztrát před a po zateplení

Číslo	Označení varianty	Celková tepelná ztráta [kW]	Snížení tepelné ztráty [%]
1	Bez zateplení	23,179	0,0
2	Zateplené	12,016	48,2

Tab. č. 8.6 Srovnání ztrát před a po zateplení

8.2.2 Náklady na vytápění po zateplení

Pomocí rovnic 7.1, 7.2 a 7.3 nyní opětovně provedeme výpočet potřeby tepla na vytápění se stejnými hodnotami, ale lišit se bude potřeba tepla, která byla snížena zateplením.

$$D = d \cdot (t_{is} - t_{es}) = 228 \cdot (20 - 3,5) = 3762 \text{ [K} \cdot \text{dny]}$$

$$\varepsilon = e_i \cdot e_t \cdot e_d = 0,8 \cdot 0,85 \cdot 1 = 0,68 \text{ [-]}$$

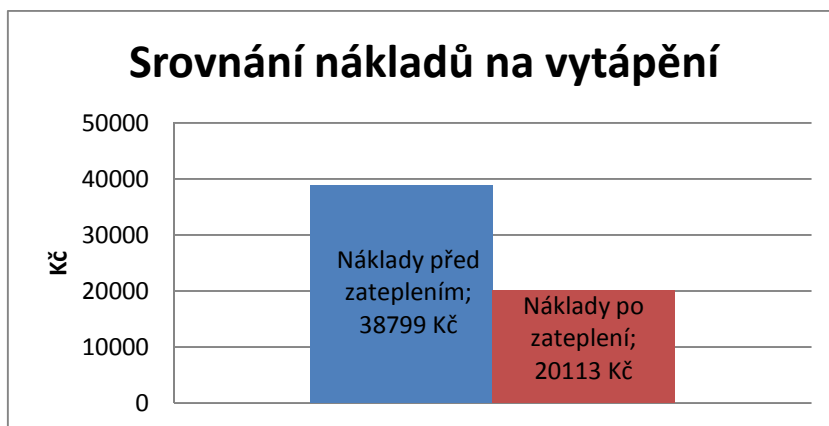
$$Q_{vyt} = \frac{\varepsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot Q_c \cdot D}{(t_{is} - t_e)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}$$

$$Q_{vyt} = \frac{0,68}{0,95 \cdot 0,96} \cdot \frac{24 \cdot 11,775 \cdot 3762}{(20 - 15)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}$$

$$Q_{vyt} = 83,2 \text{ [GJ/rok]}$$

	Účinnost kotle[%]	Potřeba tepla na vytápění [GJ/rok]	Cena paliva [Kč/GJ]	Celková cena [Kč]
Dřevo 14,6 [MJ/kg]	85	163,58	242	20113

Tab. č. 8.7 Náklady na vytápění po zateplení



Návratnost

$$\text{návratnost} = \frac{\text{náklady}}{\text{cena ušetřené energie}} \quad [\text{rok}] \quad (8.1)$$

Z nákladu na zateplení, jež jsem orientačně určil dle průměrných cen na trhu, a podle ušetřených financí na vytápění nyní určíme návratnost dle rovnice 8.1.

$$\text{návratnost} = \frac{\text{náklady}}{\text{cena ušetřené energie}} = \frac{164400}{38799 - 20113} = 8,8 \Rightarrow 9$$

Vypočtená návratnost je 9 let.

9. ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo provést popis zadaného objektu, stanovit energetickou neboli tepelnou bilanci a určit jeho tepelné ztráty. Výpočet byl proveden pomocí softwaru Stavební fyzika, konkrétně pomocí podprogramu Ztráty.

Srovnáním tepelných ztrát jednotlivých konstrukcí, bylo navrženo vhodné řešení, jež mělo za cíl snížit tepelné ztráty. U Konstrukce s největší plochou a uniky tepla bylo třeba vhodně zamezit uniku tepla. Proto byla navrhována izolace 12 [cm] v podobě izolačních desek z minerální plsti, která se aplikovala na stropní konstrukci, jež sousedí s nevytápěnou půdou. Na obvodové zdi byl použit zateplovací systém, ve kterém byl jako izolant použit polystyrén o tloušťce 12 [cm]. Cena těchto materiálů a veškerého příslušenství včetně dělnických prací byla stanovena podle průměrných cen na 147980 [Kč].

Z tepelné ztráty před a po zateplení byla vypočítána hodnota, která nám udává kolik tepla je potřeba za jedno otopné období 228 dní. Do výpočtů se zohlednily tepelné zisky z interiéru a tepelné zisky ze slunečního záření dopadajícího na prosklené konstrukce. Z potřeby tepla na vytápění se vypočetlo množství konkrétního paliva a to dřeva o výhřevnosti 14,6 [MJ/kg] a určila se jeho cena. Cena paliva před zateplením byla 38799 [Kč/rok] a po zateplení 20113 [Kč/rok]. Následně byla vypočtena, z ceny zateplení a paliva, prostá návratnost investice, která činila 9 let. Vypočtená návratnost je vzhledem k předpokládané životnosti izolace výhodná a proto se zateplení vyplatí. Snížení ztrát v této budově má tedy smysl.

10. LITERATURA

- [1] TYWONIAK, J.: Nízkoenergetické domy. Grada, 2005. 200 s. ISBN 80-247-1101-X.
- [2] KULHÁNEK, F.: STAVEBNÍ FYZIKA II Stavební tepelná technika. ČVUT, 2009. 149 s. ISBN 978-80-01-04239-7
- [3] KADLEC, Z.: Průvodce sdílením tepla pro požární specialisty. SPBI, 2009. 100 s. ISBN 978-80-7385-061-6
- [4] ŠUBRT, R.: Tepelné mosty: pro nízkoenergetické a pasivní domy: 85 prověřených a spočítaných stavebních detailů. Grada, 2011. 222 s. ISBN 978-80-247-4059-1.
- [5] FABIAN, R.: Vliv tepelných mostů na vznik plísní v panelových bytových domech: autoreferát k disertační práci. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2012, 45 s. ISBN 978-80-248-2619-6.
- [6] SAZIMA, Miroslav, Jiří SCHNELLER a Vladimír KMONÍČEK. *Teplo*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1989. 588 s. Česká matice techn. ISBN 80-030-0043-2.
- [7] BLAHOŽ, Vladimír a Zdeněk KADLEC. *Základy sdílení tepla*. 1. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 1996, 109 s. ISBN 80-902-0011-7.
- [8] *Hospodaření s energiemi* [online]. [cit. 2013-05-10]. Dostupné z: http://www.enviwiki.cz/wiki/Zelen%C3%A1_budova__hospoda%C5%99en%C3%AD_s_energiemi
- [11] ENERGETICKÁ BILANCE DOMU. EKOWATT. [online]. 2008. vyd. [cit. 2013-05-10]. Dostupné z: <http://www.ekowatt.cz/uspory/energeticka-bilance->
- [12] Obrazek: http://www.montazokna.cz/_files/image/obrazky/thermo%201.jpg
- [11] SVOBODA, Zbyněk. *Ztráty: Stavební tepelná technika*. 2011. vyd. Kladno: Svoboda Software, 2011.

11. PŘÍLOHY

- A- Výkresová dokumentace
- B- Celá bakalářská práce s výkresovou dokumentací je také na přiloženém CD.